

**ISOLASI, IDENTIFIKASI DAN EVALUASI ANTAGONISME TERHADAP  
*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc) SECARA IN VITRO  
DARI JAMUR ENDOFIT TANAMAN PISANG\*  
[Isolation, Identification and Evaluation of Antagonism to *Fusarium oxysporum* f.sp.  
*cubense* (Foc) Under in Vitro Conditions from Endophytic Fungi of *Musa* sp.]**

Suciatmih✉, S Antonius, I Hidayat dan TR Sulistiyan

Bidang Mikrobiologi, Puslit Biologi – LIPI  
CSC Jl. Jakarta – Bogor Km 46, Cibinong, Bogor  
email: suciatmih2008@yahoo.ca

**ABSTRACT**

Isolation of endophytic fungi was done to find alternative microorganisms as antifungal agent against *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc), causing panama disease (fusarium wilt) on *Musa* spp. The research objectives were 1) to isolate and identify endophytic fungi colonize cavendish (AAA) and rejang (AA) bananas growing on PT Natural Tropical Fruit (NTF) Plantation in East Lampung; and 2) to evaluate for their antagonistic activity against Foc under in vitro conditions. The results indicated 46 isolates of endophytic fungi that were isolated from leaves, saplings and petioles of cavendish banana; and leaves and petioles of rejang banana. The isolated endophytic fungi belonging to the group of *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Guignardia*, *Penicillium*, *Talaromyces* and non sporulating endophytic fungi that were classified as unidentified isolate. Fourteen isolates (30.43 %) of those 46 fungi isolates tested, showed varying degree of antagonism to Foc. The best three isolates that have strong antagonistic activities were *Talaromyces* sp. 27-4 (M), unidentified 23-3/11 (B) and unidentified 26-5/K (L). *Fusarium oxysporum* 22-3/F (I), *Penicillium* sp. 20-2/H (J), *Talaromyces* sp. 27-4 (M) and unidentified 21-1/6 (A) inhibited the growth of Foc by producing both volatile and unvolatile metabolites. The strongest inhibition (53.17 %) by volatile inhibitory substance was produced by *F. oxysporum* 22-3/F (I), while the strongest inhibition (65.98 %) by unvolatile inhibitory substance was produced by *Penicillium* sp. 20-2/H (J).

**Key words:** antagonism, banana plants, endophytic fungi, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc), isolation

**ABSTRAK**

Isolasi jamur endofit dilakukan untuk mencari mikroorganisme alternatif sebagai agen antijamur melawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc), penyebab penyakit panama (layu fusarium) pada *Musa* spp. Tujuan penelitian adalah 1) mengisolasi dan mengidentifikasi jamur endofit yang mengkolonisasi pisang cavendish (AAA) dan rejang (AA) yang tumbuh di Perkebunan PT Natural Tropical Fruit (NTF) di Lampung Timur; dan 2) mengevaluasi aktivitas antagonismenya terhadap Foc di bawah kondisi in vitro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 46 isolat jamur endofit diisolasi dari anakan, tangkai daun dan daun pisang cavendish; serta tangkai daun dan daun pisang rejang. Jamur endofit yang diisolasi termasuk dalam kelompok *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Guignardia*, *Penicillium*, *Talaromyces*; dan jamur endofit yang tidak bersporulasi yang diklasifikasikan sebagai isolat unidentified. Empat belas isolat (30,43 %) dari 46 isolat jamur yang diuji, memperlihatkan tingkat antagonisme yang bervariasi terhadap Foc. Tiga isolat yang mempunyai aktivitas antagonisme kuat adalah *Talaromyces* sp. 27-4 (M), unidentified 23-3/11 (B) dan unidentified 26-5/K (L). *Fusarium oxysporum* 22-3/F (I), *Penicillium* sp. 20-2/H (J), *Talaromyces* sp. 27-4 (M) dan unidentified 21-1/6 (A) menghambat pertumbuhan Foc dengan cara menghasilkan metabolit volatil dan bukan volatil. Hambatan tertinggi (53,17 %) oleh bahan penghambat volatil dihasilkan oleh *F. oxysporum* 22-3/F (I), sedangkan hambatan tertinggi (65,98 %) oleh bahan penghambat bukan volatil dihasilkan oleh *Penicillium* sp. 20-2/H (J).

**Kata kunci:** antagonisme, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc), isolasi, jamur endofit, tanaman pisang

**PENDAHULUAN**

Kultivar pisang yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia dan bahkan di berbagai negara lainnya adalah cavendish (AAA) atau pisang ambon putih karena pisang tersebut mempunyai nilai komersial yang tinggi. Salah satu penyakit yang cukup serius menyerang tanaman pisang tersebut adalah layu panama atau layu fusarium. Layu fusarium merupakan salah satu penyakit pisang yang merugikan atau merusak secara ekonomis cukup besar baik di daerah tropis maupun subtropis (Su et al., 1986). Penyakit tersebut dapat membuat daun pisang menjadi layu dan mudah putus sehingga dapat menurunkan

produksi pisang secara kualitas maupun kuantitas. Jamur penyebab layu fusarium adalah *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc). Persistensi jamur tersebut dapat meningkatkan potensial inokulum secara nyata karena jamur mampu bertahan lama di dalam tanah selama beberapa tahun, sehingga dapat menghancurkan budidaya pisang apabila dibiarkan begitu saja.

Penggunaan fungisida untuk mengendalikan penyakit layu fusarium dapat merugikan pada banyak organisme bukan target di tanah. Penggunaan fungisida yang tidak bijaksana dapat mengakibatkan timbulnya strain patogen yang resisten terhadap ba-

han kimia tersebut. Pengendalian hayati pada patogen tular tanah dengan menggunakan jamur endofit merupakan pendekatan alternatif yang perlu dikembangkan, sebab relatif murah dan mudah dilakukan, serta bersifat ramah lingkungan. Jamur endofit yang hidup di dalam jaringan tanaman adalah ideal sebagai agen pengendali biologi karena jamur tersebut dapat menghalangi masuknya jamur patogen.

Endofit adalah simbiosis mutualistik yang seluruh atau sebagian siklus hidupnya berada di dalam jaringan tanaman sehat, menerima nutrisi dan tempat hidupnya dari tanaman. Asosiasinya dengan tanaman inang diketahui untuk meningkatkan pertumbuhan dan vigor tanaman (Ting *et al.*, 2008), meningkatkan pengambilan nutrisi tanaman (Chanway, 1996) dan berpotensi memberikan resistensi pada tanaman melawan infeksi patogen (Ting *et al.*, 2007). Endofit juga menghasilkan produk aktif biokontrol dari bahan antimikroba, dapat berkompetisi untuk kolonisasi tempat dan makanan, serta menstimulasi pertahanan inang terhadap bermacam patogen (Benhamou *et al.*, 2000).

Produksi bahan antimikroba oleh jamur endofit merupakan salah satu mekanisme penghambatan terhadap jamur patogen. Bahan antimikroba yang dihasilkan jamur endofit dapat berupa metabolit bukan volatil maupun volatil. Jamur endofit *Penicillium* (BTF08) dan *Penicillium* (BTF15) yang diisolasi dari jaringan batang *Musa* spp. menghasilkan antijamur volatil yang dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *cubense* race 4 (FocR4) (Ting *et al.*, 2010). Antijamur bukan volatil yang dihasilkan oleh jamur endofit *Pestalotiopsis microspora*, *P. virgatula* dan *P. microspora*; serta *P. theae* yang masing-masing diisolasi dari tanaman *Azadirachta indica*, *Terminalia arjuna* dan *T. chebula* dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* (Tejesvi *et al.*, 2007).

Tujuan penelitian adalah mengisolasi, mengidentifikasi dan mengevaluasi aktivitas antagonisme secara *in vitro* terhadap jamur patogen Foc dari jamur endofit pisang cavendish (AAA) dan pisang rejang (AA) yang tumbuh di Perkebunan PT *Natural Tropical Fruit* (NTF) di Lampung Timur.

## BAHAN DAN CARA KERJA

### Bahan penelitian

Bahan hidup yang digunakan dalam penelitian ini berupa anakan, daun dan tangkai daun pisang cavendish sehat yang terserang Foc; dan daun serta tangkai daun pisang rejang sehat yang tahan penyakit layu fusarium diperoleh dari Perkebunan PT NTF, Lampung Timur. Jamur uji Foc dan jamur endofit *F. equiseti* diperoleh dari LIPI MC, Cibinong. Bahan kimia yang digunakan adalah alkohol 70 %, bayclin (5,25 % NaClO), kloramfenikol, parafin cair, *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan *Potato Dextrose Yeast* (PDY).

### Isolasi dan identifikasi jamur endofit

Isolasi jamur endofit dari organ tanaman (daun dan tangkai daun) pisang rejang sehat yang tahan penyakit layu fusarium; dan organ tanaman (anakan, daun dan tangkai daun) pisang cavendish sehat yang terserang Foc dengan tingkat serangan penyakit 2%, 6% dan parah, menggunakan teknik *direct planting* yang dikemukakan oleh Nakagiri *et al.* (2005). Seluruh media yang telah diinokulasi, diinkubasi pada suhu ruang (27-28 °C). Morfologi koloni yang penampilan, ukuran dan warnanya sama dianggap isolat yang sama. Setiap koloni representatif dipisahkan menjadi isolat-isolat tersendiri. Isolat tunggal dari jamur kemudian diidentifikasi secara morfologi meliputi pengamatan makroskopis dan mikroskopis dengan menggunakan buku identifikasi dari Domsch *et al.* (1980) dan Nakagiri *et al.* (2005, unpublished).

### Pengujian

Ada empat tahap evaluasi aktivitas agen antijamur, yaitu 1) evaluasi agen antijamur awal (antagonisme) oleh jamur endofit terhadap jamur patogen Foc; 2) evaluasi tingkat antagonisme; 3) evaluasi agen antijamur volatil oleh jamur endofit yang antagonis terhadap Foc; dan 4) evaluasi agen antijamur bukan volatil oleh jamur endofit yang antagonis terhadap Foc.

#### 1. Antagonisme (evaluasi agen antijamur awal)

Evaluasi antagonisme atau agen antijamur awal dari jamur endofit terhadap jamur patogen Foc

dilakukan dengan metode kultur ganda. Isolat Foc dan jamur endofit yang ditumbuhkan pada medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) di dalam cawan petri dan diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu ruang (27-28 °C), dicetak dengan sedotan *pop ice* berdiameter 8 mm. Satu potong cetakan miselium Foc kemudian diletakkan berdampingan dengan satu potong cetakan miselium jamur endofit dengan jarak 3 cm. Kontrol terdiri atas satu potong cetakan miselium Foc yang diletakkan di bagian tengah cawan petri. Diameter jamur patogen diukur pada hari ke-5 setelah inokulasi, dan hambatan pertumbuhannya dihitung berdasarkan rumus Skidmore and Dickinson (1976):

$$PI = \frac{C - T}{C} \times 100$$

PI = hambatan pertumbuhan miselium (%)

C = diameter miselium patogen pada cawan petri kontrol (cm)

T = diameter miselium patogen pada cawan petri perlakuan (cm)

## 2. Tingkat antagonisme

Pengamatan tingkat antagonisme merupakan pengamatan lanjutan dari evaluasi antagonisme atau agen antijamur awal dari jamur endofit terhadap jamur patogen Foc yang dilakukan dengan metode kultur ganda. Penentuan tingkat antagonisme dari jamur endofit yang antagonis terhadap Foc dilakukan dengan metode Bell *et al.* (1982). Tingkat antagonisme dicatat secara teratur dengan interval waktu dari hari ke-10 sampai hari ke-15. Ada lima tingkatan atau kelas antagonisme, yaitu:

Kelas 1= antagonis tumbuh cepat dari patogen dan menutupi seluruh permukaan medium

Kelas 2= antagonis tumbuh cepat dari patogen dan menutupi paling sedikit 2/3 permukaan medium

Kelas 3= antagonis dan patogen masing-masing menutupi 1/2 permukaan medium

Kelas 4= patogen tumbuh cepat dan menutupi paling sedikit 2/3 permukaan medium

Kelas 5= patogen tumbuh cepat dari antagonis dan menutupi seluruh permukaan medium

## 3. Agen antijamur volatil

Masing-masing jamur endofit yang antagonis terhadap Foc ditumbuhkan di bagian tengah dari medium PDA, ditutup rapat dengan *nitto tape*, dan dimasukkan dalam kantong plastik kemudian diinkubasi dalam suhu ruang (27-28 °C). Setelah 5 hari diinkubasi, jamur patogen Foc diinokulasikan pada medium PDA baru; dan tutup cawan petri dari medium yang diinokulasi dengan masing-masing jamur endofit digantikan dengan kultur patogen pada medium PDA. Cawan petri dirapatkan dengan *nitto tape* dan diinkubasi selama 5 hari. Kontrol terdiri atas cawan petri berisi jamur patogen yang diletakkan terbalik menutupi cawan petri yang hanya berisi medium PDA (Dennis and Webster, 1971). Hambatan pertumbuhan Foc oleh jamur endofit dihitung berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Skidmore and Dickinson (1976), seperti yang digunakan pada skrining agen antijamur awal.

## 4. Agen antijamur bukan volatil

Masing-masing isolat jamur endofit pembentuk spora (1 %) atau tiga potong miselium jamur endofit tidak membentuk spora yang antagonis terhadap Foc diinokulasikan di dalam Erlemeyer 100 ml yang masing-masing berisi 20 ml medium fermentasi *Potato Dextrose Yeast* (PDY). Medium diinkubasi dalam *shaker incubator* pada suhu ruang (27-28 °C) dan kecepatan agitasi 90 rpm selama 5 hari. Filtrat dipanen dengan cara memisahkan biomassa sel dengan sentrifugasi 3500 rpm selama 10 menit. Filtrat digunakan sebagai *crude antifungal agent* untuk pengujian toksisitas.

Sebanyak 10 ml medium PDA di dalam tabung reaksi (50 °C) dituang ke dalam cawan petri. Setelah medium PDA mengeras, 1 potong cetakan miselium Foc yang berumur 5 hari diletakkan di tengah medium. Biakan jamur patogen kemudian diinkubasi pada suhu ruang (27-28 °C) selama 3 hari. Setelah masa inkubasi berakhir, dibuat 4 lubang dengan sedotan *pop ice* berdiameter 8 mm pada bagian tepi cawan petri dari biakan jamur patogen. Masing-masing lubang pada cawan petri perlakuan diberi 75 µl filtrat hasil fermentasi, sedangkan untuk kontrol diberi 75 µl akuades yang telah disterilisasi (Anith,

1997 yang dimodifikasi). Biakan jamur patogen kemudian diinkubasi pada suhu ruang (27-28 °C) selama 5 hari. Hambatan pertumbuhan Foc oleh jamur endofit dihitung berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Skidmore and Dickinson (1976):

$$PI = \frac{C - T}{C} \times 100$$

PI = hambatan pertumbuhan miselium (%)

C = luas miselium patogen pada cawan petri kontrol (cm)

T = luas miselium patogen pada cawan petri perlakuan (cm)

## HASIL

### Isolasi jamur endofit dari tanaman pisang

Berhasil diisolasi sebanyak 46 isolat jamur yang terdiri atas 10 isolat dari anakan, 15 isolat dari daun dan 21 isolat dari tangkai daun pisang. Dari 46 isolat yang terisolasi, 7 isolat berhasil diidentifikasi sampai spesies, 4 isolat sampai genus dan 35 isolat tanpa spora aseksual sehingga tidak dapat diidentifikasi secara mikroskopis dan diklasifikasikan sebagai isolat yang belum teridentifikasi. Isolat-isolat yang teridentifikasi termasuk dalam kelompok *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Guignardia*, *Penicillium* dan *Talaromyces* (Tabel 1, 2 dan 3; serta Gambar 1). Isolat yang berpotensi menghambat pertumbuhan Foc dan isolat yang sudah teridentifikasi dipreservasi

**Tabel 1.** Jamur endofit yang diisolasi dari daun tanaman pisang cavendish (AAA) dan tanaman pisang rejang (AA) di Perkebunan PT NTF (*Endophytic fungi isolated from leaves of cavendish (AAA) and rejang (AA) banana plants in PT NTF plantation*)

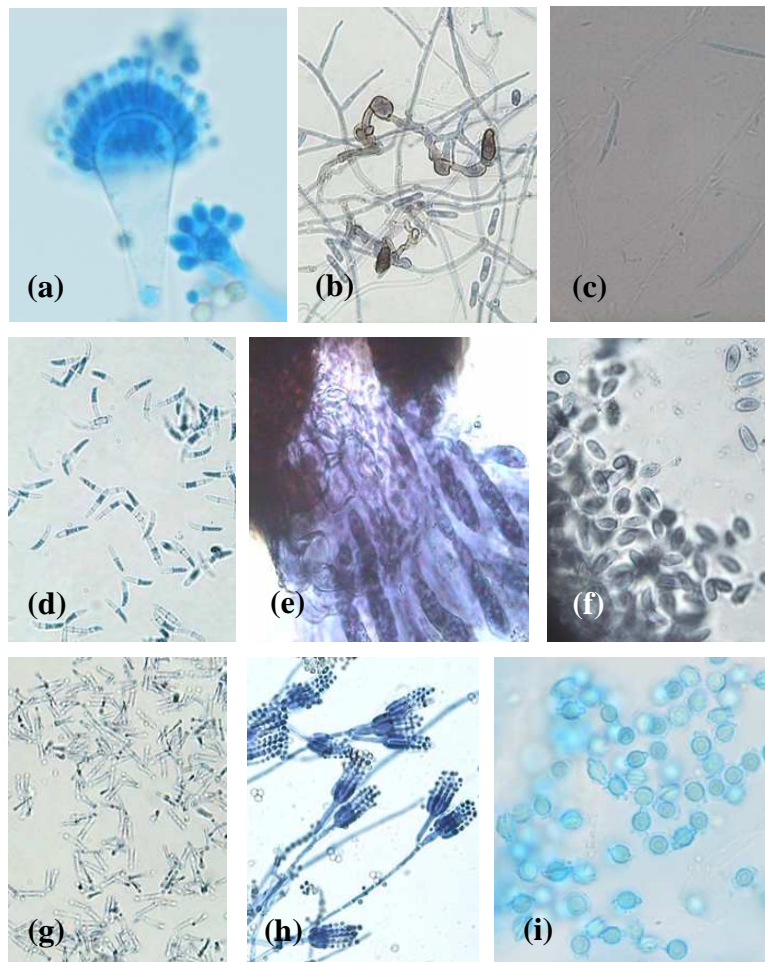
No	Daun pisang ( <i>Banana leaves</i> )	Jamur ( <i>Fungi</i> )
1.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % D-1 (N)	unidentified (27-5/S)
2.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % D-2	unidentified (23-2/8)
3.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % D	unidentified (24-4/4)
4.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % D-1	unidentified (24-5/12)
5.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % D-2	unidentified (24-1/2)
6.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % D-3	unidentified (24-6/10)
7.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % D-4	unidentified (24-2/3)
8.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) D-1	unidentified (26-4)
9.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) D-2	unidentified (26-7)
10.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) D-3	unidentified (27-3)
11.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) D-4	unidentified (28-5)
12.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) D-5	unidentified (26-2)
13.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) D-6	unidentified (26-1)
14.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) D-7 (B)	unidentified (23-3/11)
15.	Rejang tahan Foc ( <i>Rejang resistant to Foc</i> ) D	unidentified (24-7/9)

**Tabel 2.** Jamur endofit yang diisolasi dari tangkai daun tanaman pisang cavendish (AAA), tanaman pisang cavendish (AAA) yang diinduksi dan tanaman pisang rejang (AA) di Perkebunan PT NTF (*Endophytic fungi isolated from petioles of cavendish (AAA), induced cavendish (AAA) and rejang (AA) banana plants in PT NTF plantation*)

No	Tangkai daun pisang ( <i>Banana petioles</i> )	Jamur ( <i>Fungi</i> )
1.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % TD (J)	<i>Penicillium</i> sp. (20-2/H)
2.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % TD	unidentified (28-3)
3.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % TD	unidentified (29-2)
4.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % TD	unidentified (26-8)
5.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % TD-1	unidentified (27-8)
6.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % TD-2	unidentified (27-2)
7.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 6 % TD-3	unidentified (27-7)
8.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) TD-1	unidentified (29-1)
9.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) TD-2	unidentified (27-1)
10.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) TD-3	unidentified (26-3)
11.	Cavendish Terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) TD-4	unidentified (28-2)
12.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) TD-5	unidentified (28-4)
13.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) TD-6	unidentified (27-6)
14.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) TD-7 (L)	unidentified (26-5/K)
15.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) TD-8	<i>Colletotrichum</i> sp. (25-1)
16.	Cavendish yang diinduksi ( <i>Induced cavendish</i> ) TD (K)	unidentified (26-6/I)
17.	Cavendish yang diinduksi ( <i>Induced cavendish</i> ) TD-1	unidentified (23-1/7)
18.	Cavendish yang diinduksi ( <i>Induced cavendish</i> ) TD-2 (C)	unidentified (23-5/13)
19.	Cavendish yang diinduksi ( <i>Induced cavendish</i> ) TD-3	unidentified (23-4/1)
20.	Cavendish yang diinduksi ( <i>Induced cavendish</i> ) TD-4 (A)	unidentified (21-1/6)
21.	Rejang tahan Foc ( <i>Rejang resistant to Foc</i> ) TD	<i>Guignardia endophyllicola</i> (22-1)

**Tabel 3.** Jamur endofit yang diisolasi dari anakan pisang cavendish (AAA) dan pisang klon cavendish (AAA) tahan Foc di Perkebunan PT NTF (*Endophytic fungi isolated from saplings of cavendish (AAA) banana plants and cavendish banana plant clones (AAA) resistant to Foc in PT NTF plantation*)

No	Anakan pisang ( <i>Banana saplings</i> )	Jamur ( <i>Fungi</i> )
1.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % A (E)	<i>Fusarium</i> sp. (20-4/A)
2.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % A	<i>Aspergillus fumigatus</i> (22-2)
3.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % A-1 (F)	<i>Fusarium oxysporum</i> (22-5/B)
4.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % A-2 (H)	<i>F. oxysporum</i> (22-4/E)
5.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % A-3 (I)	<i>F. oxysporum</i> (22-3/F)
6.	Cavendish terserang Foc ( <i>Cavendish attacked by Foc</i> ) 2 % A (M)	<i>Talaromyces</i> sp. (27-4)
7.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) A	<i>A. fumigatus</i> (20-1)
8.	Cavendish terserang Foc parah ( <i>Cavendish in severe condition attacked by Foc</i> ) A (G)	<i>F.oxysporum</i> (20-3/C)
9.	Klon cavendish tahan Foc ( <i>Cavendish clones resistant to Foc</i> ) A-1	unidentified (24-3/5)
10.	Klon cavendish tahan Foc ( <i>Cavendish clones resistant to Foc</i> ) A-2 (D)	unidentified (23-6/14)



**Gambar 1.** Jamur endofit (*Endophytic fungi*) (a) *Aspergillus fumigatus*, (b) *Colletotrichum* sp., (c) *Fusarium oxysporum*, (d) *Fusarium* sp., (e) *Guignardia endophyllicola*, (f) *Phyllosticta capitalensis* anamorf dari *G. endophyllicola*, (g) spermatia dari *G. endophyllicola*, (h) *Penicillium* sp. dan (i) *Talaromyces* sp. (1000 x)

dalam parafin cair dan disimpan dalam LIPI MC, Cibinong.

Berdasarkan tingkat serangan Foc pada tanaman pisang, berhasil diisolasi 2 isolat (13,33 %) dari daun (pisang cavendish terserang Foc 2 %), 5 isolat (33,33 %) dari daun (pisang cavendish terserang Foc 6 %), 7 isolat (46,67 %) dari daun (pisang cavendish terserang Foc parah) dan 1 isolat (6,67 %) dari daun pisang rejang yang tahan Foc (Tabel 1). Berhasil diisolasi 3 isolat (14,29%) dari tangkai daun (pisang cavendish terserang Foc 2%), 4 isolat (19,05 %) dari tangkai daun (pisang cavendish terserang Foc 6 %), 8 isolat (38,10 %) dari tangkai daun (pisang cavendish terserang Foc parah), 5 isolat (23,81 %) dari tangkai

daun pisang cavendish yang diinduksi dan 1 isolat (4,76 %) dari tangkai daun pisang rejang yang tahan Foc (Tabel 2). Berhasil diisolasi pula 6 isolat (60 %) dari anakan (pisang cavendish terserang Foc 2 %), 2 isolat (20 %) dari anakan (pisang cavendish terserang Foc parah) dan 2 isolat (20 %) dari anakan pisang klon cavendish tahan Foc (Tabel 3).

#### 1. Antagonisme (evaluasi agen antijamur awal)

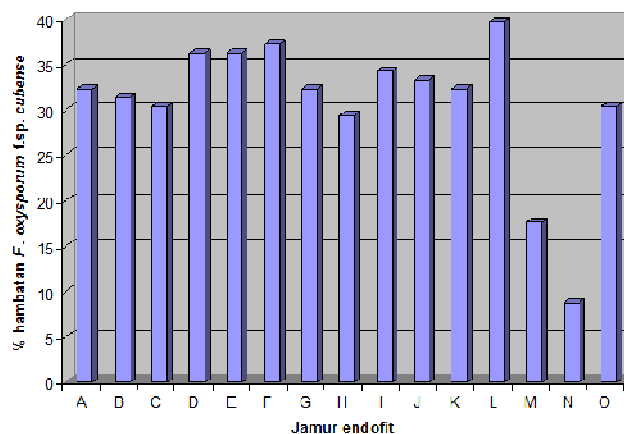
Hasil evaluasi antagonisme memperlihatkan bahwa hanya 14 isolat (30,43 %) dari 46 isolat jamur endofit hasil isolasi; dan satu isolat jamur endofit *F. equiseti* (koleksi LIPI MC) bersifat antagonis terhadap Foc dengan hambatan pertumbuhannya berkisar 8,82%-39,60%. Jamur-jamur yang

dapat menghambat Foc adalah unidentified 21-1/6 (A), unidentified 23-3/11 (B), unidentified 23-5/13 (C), unidentified 23-6/14 (D), *Fusarium* sp. 20-4/A (E), *F. oxysporum* 22-5/B (F), *F. oxysporum* (20-3/C) (G), *F. oxysporum* 22-4/E (H), *F. oxysporum* 22-3/F (I), *Penicillium* sp. 20-2/H (J), unidentified 26-6/I (K), unidentified 26-5/K (L), *Talaromyces* sp. 27-4 (M) dan unidentified 27-5/S (N). Hambatan pertumbuhan Foc tertinggi (39,60 %) diperlihatkan oleh isolat jamur endofit unidentified 26-5/K (L) yang diisolasi dari tangkai daun pisang cavendish terserang Foc parah TD-7, sedangkan yang terendah (8,82 %) dihasilkan oleh jamur endofit unidentified

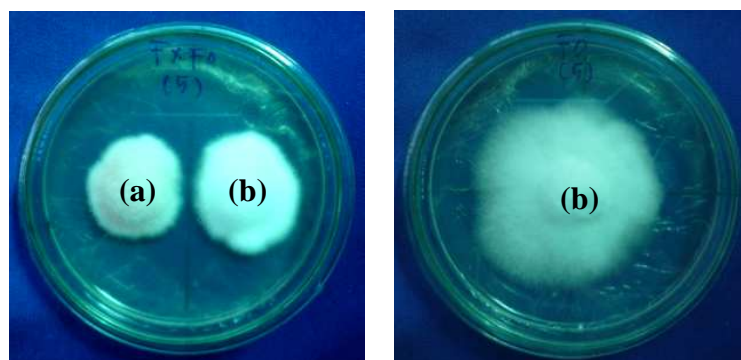
27-5/S (N) yang diisolasi dari daun pisang cavendish terserang Foc 2 % D-1 (Tabel 1, 2, 3 dan Gambar 2 serta 3).

## 2. Tingkat antagonisme

Hasil penentuan tingkat antagonisme dari 14 isolat jamur endofit hasil isolasi; dan satu isolat jamur endofit *F. equiseti* (koleksi LIPI MC) yang antagonis terhadap Foc menunjukkan bahwa *Talaromyces* sp. 27-4 (M) yang diisolasi dari anakan pisang cavendish terserang Foc 2 % A, isolat unidentified 23-3/11 (B) yang diisolasi dari daun pisang cavendish terserang Foc parah D-7 dan isolat unidentified 26-5/K (L) yang diisolasi dari tangkai daun pi-



**Gambar 2.** Persen hambatan pertumbuhan Foc oleh jamur endofit pada hari ke-5 (*Growth inhibition percentage of Foc by endophytic fungi at 5<sup>th</sup> day*). A = unidentified-21-1/6; B = unidentified 23-3/11; C = unidentified 23-5/13; D = unidentified-23-6/14; E = *Fusarium* sp.20-4/A; F = *F. oxysporum* 22-5/B, G = *F. oxysporum* 20-3/C; H = *F. oxysporum* 22-4/E; I = *F. oxysporum* 22-3/F; J = *Penicillium* sp. 20-2/H; K = unidentified 26-6/I; L = unidentified 26-5/K; M = *Talaromyces* sp.27-4; N = unidentified 27-5/S; dan O = *F. equiseti* (FE)



**Gambar 3.** *F. oxysporum* 22-3/F (a) antagonis terhadap Foc (b) (kiri) dan Foc (b) sebagai kontrol (kanan) (*F. oxysporum* 22-3/F (a) antagonistic to Foc (b) (left) and Foc (b) as a control (right))



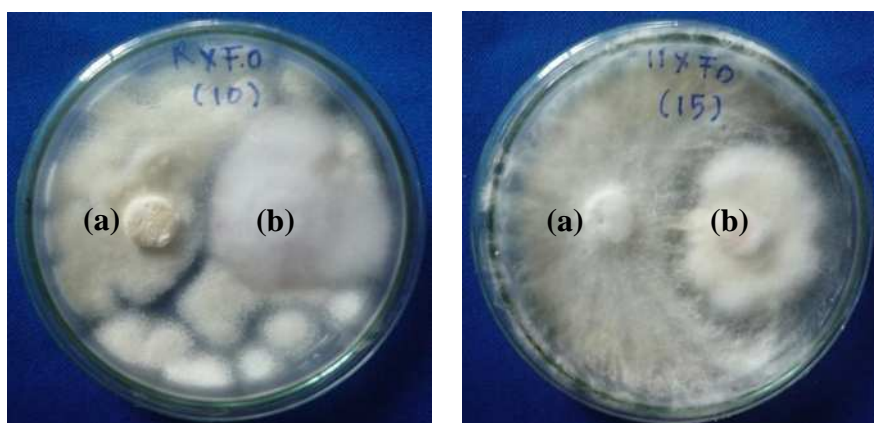
sang cavendish terserang Foc parah TD-7 adalah lebih kompetitif melawan Foc daripada isolat jamur endofit lainnya (Tabel 4 dan Gambar 4). *Talaromyces* sp. 27-4 (M) tumbuh cepat dan dapat menekan patogen dalam waktu 10 hari setelah inokulasi (Kelas -1), sedangkan isolat unidentified 23-3/11 (B) dan unidentified 26-5/K (L) tumbuh cepat dan dapat menekan Foc masing-masing dalam waktu 15 hari setelah inokulasi (Kelas-1).

### 3. Agen antijamur volatil

Hasil evaluasi produksi agen antijamur volatil dari 14 isolat jamur endofit hasil isolasi; dan satu isolat jamur endofit *F. equiseti* (koleksi LIPI MC) yang antagonis terhadap Foc menunjukkan bahwa semua isolat terdeteksi memproduksi agen antijamur volatil dengan hambatan pertumbuhan Foc berkisar 2,67%-53,17%. Hambatan pertumbuhan Foc tertinggi (53,17%) diperlihatkan oleh *F. oxysporum* 22-3/F (I) yang diisolasi dari anakan pisang cavendish

**Tabel 4.** Tingkat antagonisme jamur endofit yang diisolasi dari tanaman pisang terhadap Foc (*Antagonistic level of endophytic fungi isolated from banana plants against Foc*)

No	Jamur endofit ( <i>Endophytic fungi</i> )	Tingkat antagonisme ( <i>Antagonistic level</i> ) (hari/days)					
		10	11	12	13	14	15
1.	unidentified-21-1/6 (A)	2	2	2	2	2	2
2.	unidentified-23-3/11 (B)	2	2	2	2	2	1
3.	unidentified-23-5/13 (C)	4	4	4	4	4	4
4.	unidentified-23-6/14 (D)	3	3	3	3	3	2
5.	<i>Fusarium</i> sp.20-4/A (E)	3	3	3	3	3	3
6.	<i>F. oxysporum</i> 22-5/B (F)	3	3	3	3	3	3
7.	<i>F. oxysporum</i> 20-3/C (G)	3	3	3	3	3	3
8.	<i>F. oxysporum</i> 22-4/E (H)	3	3	3	3	3	3
9.	<i>F. oxysporum</i> 22-3/F (I)	3	3	3	3	3	3
10.	<i>Penicillium</i> sp. 20-2/H (J)	3	3	3	3	3	4
11.	unidentified-26-6/I (K)	4	4	4	4	4	4
12.	unidentified-26-5/K (L)	2	2	2	2	2	1
13.	<i>Talaromyces</i> sp. 27-4 (M)	1	1	1	1	1	1
14.	unidentified-27-5/S (N)	3	3	3	3	4	4
15.	<i>F. equiseti</i> (FE)	3	3	3	3	3	3



**Gambar 4.** Tingkat antagonisme *Talaromyces* sp. 27-4 (a) vs Foc (b) (hari ke-10; kiri) dan unidentified 23-3/11 (a) vs Foc (b) (hari ke-15; kanan) (*Antagonistic level of Talaromyces* sp. 27-4 (a) vs Foc (b) (day 10; left) and unidentified 23-3/11 (a) vs Foc (b) (day 15; right)

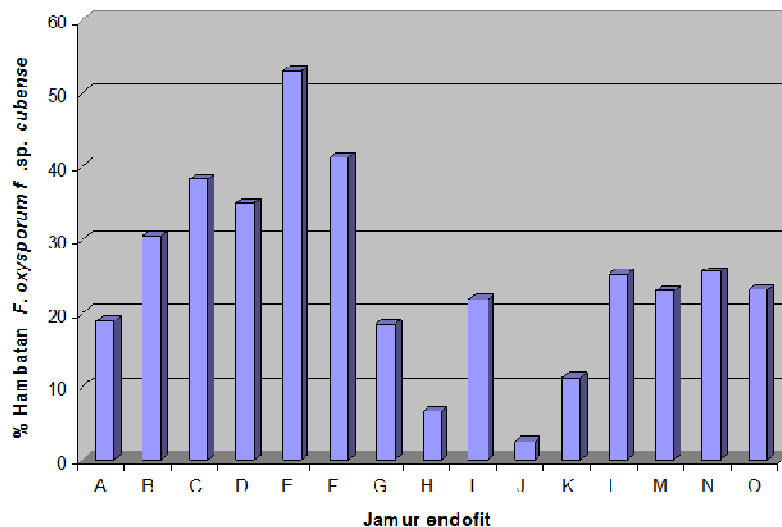


terserang Foc 2 % A-3, sedangkan hambatan terendah (2,67 %) dihasilkan oleh *Talaromyces* sp. 27-4 (M) yang diisolasi dari anakan pisang cavendish terserang Foc 2 % A (Gambar 5 dan 6).

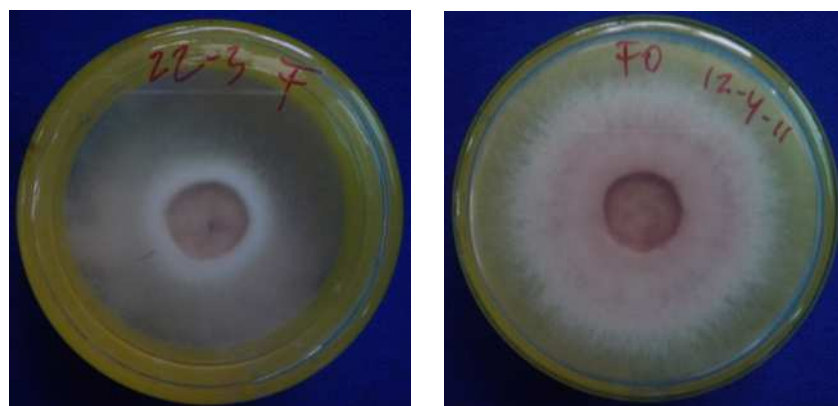
#### 4. Agen antijamur bukan volatil

Hasil evaluasi produksi agen antijamur bukan volatil dari 14 isolat jamur endofit hasil isolasi; dan

satu isolat jamur endofit *F. equiseti* (koleksi LIPI MC) yang antagonis terhadap Foc memperlihatkan bahwa hanya 4 isolat terdeteksi memproduksi agen antijamur bukan volatil dengan hambatan pertumbuhan Foc berkisar 49,34 %-62,68 %. Hambatan pertumbuhan Foc tertinggi (62,68 %) diperlihatkan oleh *Penicillium* sp. 20-2/H (J) yang diisolasi dari tangkai daun pisang cavendish terserang Foc 2 %



**Gambar 5.** Persen hambatan Foc oleh agen antijamur volatil dari jamur endofit (*Inhibition percentage of Foc by volatile antifungal agent from endophytic fungi*). A = *Fusarium* sp. 20-4/A; B = *F. oxysporum* 22-5/B; C = *F. oxysporum* 20-3/C; D = *F. oxysporum* 22-4/E; E = *F. oxysporum* 22-3/F; F = *F. equiseti* (FE); G = *Penicillium* sp. 20-2/H; H = unidentified 26-6/I; I = unidentified 26-5/K; J = *Talaromyces* sp. 27-4; K = unidentified 27-5/S; L = unidentified 21-1/6; M = unidentified 23-3/11; N = unidentified 23-5/13; dan O = unidentified 23-6/14

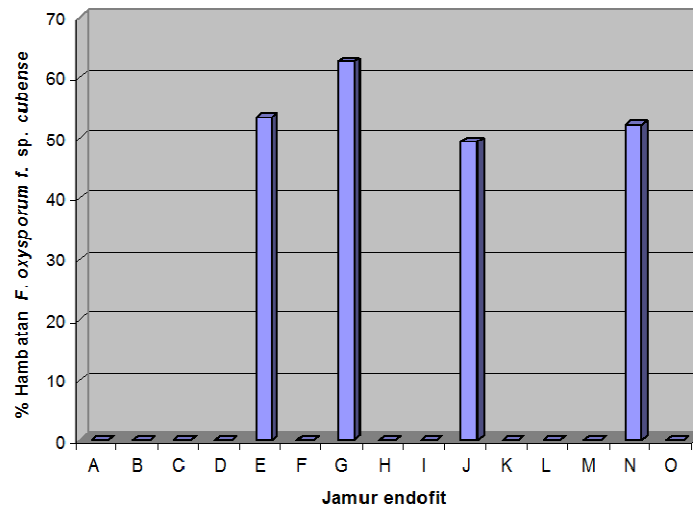


**Gambar 6.** Hambatan pertumbuhan Foc oleh agen antijamur volatil dari jamur endofit. Foc vs *F. oxysporum* 22-3/F (E) (kiri) dan Foc (kanan) (*Growth inhibition of Foc by volatile antifungal agent from endophytic fungi. Foc vs F. oxysporum 22-3/F (E) (left) and Foc (right)*)

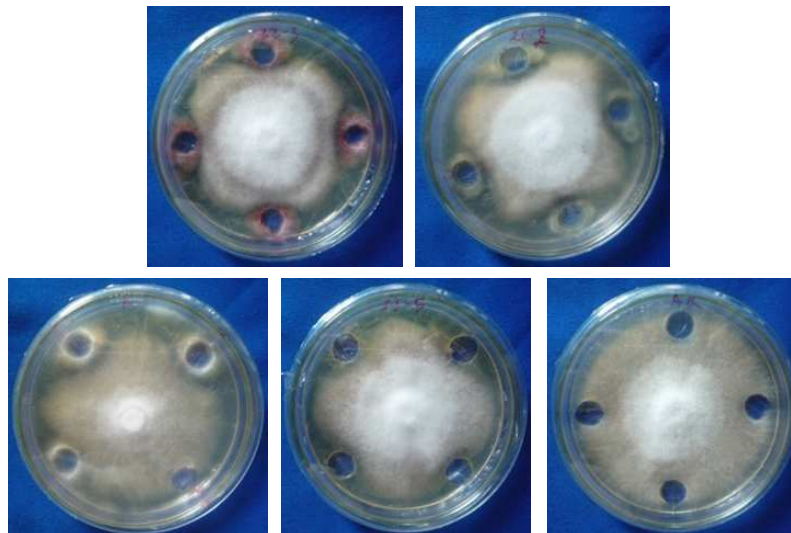
TD, sedangkan hambatan terendah (49,34 %) dihasilkan oleh *Talaromyces* sp. 27-4 (M) yang diisolasi dari anakan pisang cavendish terserang Foc 2 % A (Gambar 7 dan 8).

## PEMBAHASAN

Endofit umumnya melimpah di dalam jaringan tanaman, tetapi mikroba tertentu berdistribusi pada jaringan yang spesifik (Davis *et al.*, 2003). Penelitian



**Gambar 7.** Persen hambatan pertumbuhan Foc oleh agen antijamur bukan volatil dari jamur endofit (*Growth inhibition percentage of Foc by unvolatile antifungal agent from endophytic fungi*). A = *Fusarium* sp. 20-4/A; B = *F. oxysporum* 22-5/B; C = *F. oxysporum* 20-3/C; D = *F. oxysporum* 22-4/E; E = *F. oxysporum* 22-3/F; F = *F. equiseti* (FE); G = *Penicillium* sp. 20-2/H; H = unidentified 26-6/I; I = unidentified 26-5/K; J = *Talaromyces* sp. 27-4; K = unidentified 27-5/S; L = unidentified 21-1/6; M = unidentified 23-3/11; N = unidentified 23-5/13; dan O = unidentified 23-6/14.



**Gambar 8.** Hambatan pertumbuhan Foc oleh agen antijamur bukan volatil dari jamur endofit. *F. oxysporum* 22-3/F (E) (kiri atas); *Penicillium* sp. 20-2/H (G) (kanan atas); *Talaromyces* sp. 27-4 (J) (kiri bawah); unidentified-23-5/13 (N) (tengah bawah); dan kontrol/akuades (kanan bawah) (*Growth inhibition of Foc by unvolatile antifungal agent from endophytic fungi*. *F. oxysporum* 22-3/F (E) (top left); *Penicillium* sp. 20-2/H (G) (top right); *Talaromyces* sp. 27-4 (J) (bottom left); unidentified-23-5/13 (N) (bottom center); and control/distilled water (bottom right))

ini memperlihatkan bahwa jumlah isolat jamur endofit yang terisolasi dari tangkai daun pisang lebih banyak dari anakan dan daun pisang. Variasi kolonisasi dan distribusi jamur endofit tertentu pada anakan, daun dan tangkai daun kemungkinannya disebabkan oleh perbedaan struktur dan nutrisi dari jaringan inang (Rodrigues, 1994).

Beberapa jamur seperti *Colletotrichum* dan *Fusarium* telah dilaporkan sebagai endofit atau patogen dari banyak tanaman (Tejesvi *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2007) dan yang berasal dari tanah (Moliszewska dan Pisarek, 1996), meskipun hubungan antara jamur dalam tanaman dan dalam tanah masih belum jelas. Secara umum, jamur endofit tidak menyebabkan gejala infeksi yang tampak. Dilaporkan pula bahwa pada kondisi tertentu beberapa jamur saprofit atau patogen dapat mempunyai tingkat endofit pada sebagian atau bahkan seluruh siklus hidupnya (Wang *et al.*, 2009).

Ada kecenderungan bahwa jumlah jamur endofit yang terisolasi dari pisang cavendish terserang Foc parah adalah lebih banyak (17 isolat) dari pisang cavendish yang terserang Foc 2 % (11 isolat), kecuali pada pisang cavendish yang terserang Foc 6 %. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa jamur endofit yang berpotensi menghasilkan agen antijamur dari pisang cavendish yang terserang Foc 2 % adalah lebih banyak (7 isolat) dibandingkan pisang cavendish yang terserang Foc parah (3 isolat). Hasil tersebut mungkin saja menyebabkan adanya perbedaan ketahanan pisang cavendish terhadap serangan penyakit.

Dengan metode kultur ganda, ada 14 isolat (30,43 %) jamur endofit; dan satu isolat jamur endofit *F. equiseti* (koleksi LIPI MC) bersifat antagonis atau memperlihatkan aktivitas antijamur terhadap Foc. Metode kultur ganda telah digunakan secara luas untuk mempelajari antagonisme (Mishra 2010; Gaigole *et al.* 2011; Bhale *et al.* 2013; Suciatmih dan Rahmansyah 2013) sehingga seleksi 47 isolat jamur endofit melawan Foc menggunakan metode tersebut.

Empat belas isolat jamur endofit (*Fusarium*

sp.20-4/A (E), 4 isolat *F. oxysporum*, *Penicillium* sp. 20-2/H (J), *Talaromyces* sp. 27-4 (M) dan 7 isolat unidentified); serta satu isolat jamur endofit *F. equiseti* (koleksi LIPI MC) yang antagonis terhadap Foc, semuanya terdeteksi memproduksi agen antijamur volatil. Pertumbuhan yang lambat dari jamur patogen disebabkan oleh metabolit volatil yang dilepaskan oleh jamur endofit. Penelitian ini menunjukkan bahwa ke-15 jamur endofit tersebut dapat menghambat Foc melalui produksi metabolit volatil. Hasil yang sama dilaporkan oleh Ting *et al.* (2010) bahwa jamur endofit *Penicillium* (BTF08) dan *Penicillium* (BTF15) yang diisolasi dari jaringan batang *Musa* spp. menghasilkan antijamur volatil yang dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *cubense* race 4 (FocR4). Peneliti yang sama menginformasikan bahwa antijamur volatil yang dihasilkan oleh *Penicillium* (BTF08) mengandung 1-butanol, 3-methyl,  $\beta$ -butyrolactone dan 2-butenedinitrile, sedangkan antijamur volatil yang dihasilkan oleh *Penicillium* (BTF15) mengandung butane 2-methyl,  $\beta$ -butyrolactone dan 2-butenedinitrile. Suciatmih and Rahmansyah (2013) melaporkan bahwa jamur endofit *Fusarium* sp. (37-4), *Penicillium* sp. (34-26) dan *Talaromyces leycettanus* yang diisolasi dari tanaman mangrove dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dengan cara melepas metabolit volatil.

Hanya empat isolat jamur endofit (*F. oxysporum* 22-3/F (I), *Penicillium* sp. 20-2/H (J), *Talaromyces* sp. 27-4 (M) dan unidentified 23-5/13 (C) dari 14 isolat jamur endofit hasil isolasi; dan satu isolat jamur endofit *F. equiseti* (koleksi LIPI MC) yang antagonis terhadap Foc, terdeteksi memproduksi agen antijamur bukan volatil. Terbentuknya zona hambatan tanpa kontak hifa antara jamur endofit dan jamur patogen pada evaluasi antagonisme dan bukan volatil mengindikasikan adanya sekresi bahan penghambat yang dapat berdifusi oleh ke empat jamur endofit tersebut. Penelitian ini menunjukkan bahwa ke empat jamur endofit tersebut dapat menghambat Foc melalui produksi metabolit bukan volatil. Hasil yang sama dilaporkan oleh Suci-

atmih and Rahmansyah (2013) bahwa jamur endofit *Penicillium* sp. (34-26) dan *T. leycettanus* (37-7) yang diisolasi dari tanaman mangrove dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dengan memproduksi metabolit bukan volatil. Suzuki *et al.* (2000) menginformasikan bahwa ekstrak *dichloromethane* dari *Talaromyces convolutes* memperlihatkan aktivitas antijamur melawan *Candida albicans*. Liu *et al.* (2010) melaporkan bahwa *F. oxysporum* Lt173 yang diisolasi dari tanaman hias dapat menghambat pertumbuhan *Alternaria alternata*, *Fusarium graminearum*, *F. oxysporum*, *Glomerella glycines*, *Phytophthora capsici* dan *Rhizoctonia solani* melalui metabolit bukan volatil.

Jamur endofit *F. oxysporum* 22-3/F (I), *Penicillium* sp. 20-2/H (J), *Talaromyces* sp. 27-4 (M) dan unidentified 23-5/13 (C) dapat mempengaruhi pertumbuhan Foc dalam uji kultur ganda (antagonisme) dan melalui produksi antijamur volatil serta bukan volatil di bawah kondisi yang terkontrol. Penelitian ini menunjukkan bahwa ke empat jamur endofit tersebut menghambat pertumbuhan Foc dengan cara mensekresikan metabolit volatil maupun bukan volatil. Hasil yang sama dilaporkan oleh Suci-atmih and Rahmansyah (2013) bahwa *Penicillium* sp. (34-26) dan *T. leycettanus* (37-7) dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dengan memproduksi baik metabolit volatil maupun bukan volatil. Hasil penelitian evaluasi tingkat antagonisme menunjukkan bahwa *Talaromyces* sp. 27-4 (M) tumbuh cepat dan dapat menekan jamur patogen dalam waktu 10 hari setelah inokulasi. *Talaromyces* sp. 27-4 (M) selanjutnya dapat dijadikan sebagai kandidat agen biokontrol terhadap jamur patogen Foc dan perlu diteliti lebih lanjut pada kondisi lapangan.

Ketidakmampuan isolat jamur endofit lainnya menghambat pertumbuhan Foc, mungkin tidak mengandung metabolit sekunder yang bersifat anti-jamur (volatil atau bukan volatil) atau konsentrasi untuk pengujian bukan volatil terlalu rendah (300 µl/10 ml PDA) sehingga tidak dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen tersebut. Kemungkinan lainnya, jamur endofit tersebut mengandung metabo-

lit sekunder yang berfungsi lainnya.

## KESIMPULAN

Pisang cavendish (AAA) dan pisang rejang (AA) yang tumbuh di Perkebunan PT NTF, Lampung Timur terkolonisasi oleh jamur endofit. Jamur endofit dapat menghambat pertumbuhan Foc dengan cara memproduksi metabolit volatil atau bukan volatil atau ke duanya. *Talaromyces* sp. 27-4 (M) selain dapat menghambat pertumbuhan Foc dengan memproduksi metabolit volatil maupun bukan volatil juga tumbuh cepat dan dapat menekan jamur patogen dalam waktu 10 hari setelah inokulasi, sehingga jamur tersebut dapat dijadikan sebagai kandidat agen biokontrol terhadap Foc dan perlu diteliti lebih lanjut pada kondisi lapangan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang telah membiayai penelitian ini melalui Proyek Kompetitif Tahun Anggaran 2011. Terima kasih penulis sampaikan pula kepada Direktur Perkebunan NTF, Lampung Timur beserta stafnya yang telah mengizinkan penulis mengambil sampel tanaman pisang sebagai bahan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anith KN. 1997. Molecular basis of antifungal activity of a fluorescent pseudomonad. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi [Ph.D. thesis].
- Bella DK, HD Wells and CR Markman. 1982. In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72, 372-382.
- Benhamau N, S Gagne, D Lequere and L Dehbi. 2000. Bacterial mediated induced resistance in cucumber: Beneficial effect of the endophytic bacterium *Serratia phymuthica* on the protection against infection by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 90, 45-56.
- Bhale UN, PM Wagh and JN Rajkonda. 2013. Antagonistic confrontation of *Trichoderma* spp against fruit rot pathogens on Sapodilla (*Manilkara zapota* L.). *Journal of Yeast and Fungal Research* 4(1), 5-11.
- Chanway CP. 1996. Endophytes they're not just fungi. *Canadian Journal of Botany* 74, 321-322.
- Davis EC, JB Franklin, AJ Shaw and R Vilgalys. 2003. Endophytic *Xylaria* (Xylariaceae) among liverworts and angiosperms: phylogenetics, distribution, and symbiosis. *American Journal of Botany* 90(11), 1661-1667.
- Dennis C and J Webster. 1971. Antagonistic properties of spe-

- cies groups of *Trichoderma* I, production of non-volatile antibiotics. *Transactions of the British Mycological Society* **57**, 25-39.
- Domsch KH, W Gams and T Anderson. 1980.** *Compendium of soil fungi* Vol 1. Academic Press, London.
- Gaigole AH, GN Wagh and AC Khadse. 2011.** Antifungal activity of *Trichoderma* species against soil borne pathogen. *Asiatic Journal of Biotechnology Resources* **2**(04), 461-465.
- Liu X, X Xie and J Duan. 2007.** *Colletotrichum yunnanense* sp. nov., a new endophytic species from *Buxus* sp. *Mycotaxon* **100**, 137-144.
- Liu C, T Liu, F Yuan and Y Gu. 2010.** Isolating endophytic fungi from evergreen plants and determining their antifungal activities. *African Journal of Microbiology Research* **4** (21), 2243-2248.
- Mishra VK. 2010.** In vitro antagonism of *Trichoderma* species against *Pythium aphanidermatum*. *Journal of Phytology* **2** (9), 28-35.
- Moliszevska E and I Pisarek. 1966.** Influence of humic substances on the growth of two phytopathogenic soil fungi. *Environment International* **22**, 579-584.
- Rodrigues KF. 1994.** The foliar fungal endophytes of the Amazonian palm *Euterpe oleracea*. *Mycologia* **86**, 376-385.
- Skidmore AM and CH Dickinson. 1976.** Colony interactions and hyphal interference between *Septoria nodorum* and phylloplane fungi. *Transactions of the British Mycological Society* **66**, 57-64.
- Suciatmih and M Rahmansyah. 2013.** Endophytic fungi isolated from mangrove plant and have antagonism role against fusarium wilt. *ARPJN Journal of Agricultural and Biological Science* **8**(3), 251-257.
- Su HJ, TJ Chuang and WS Koug. 1986.** Fusarial wilt of bananas in Taiwan. *Plant Disease* **70**, 813-818.
- Suzuki S, T Hosoe, K Nozawa, K Kawai, T Yaguchi and S Udagawa. 2000.** Antifungal substances against pathogenic fungi, talaroconvolutin, from *Talaromyces convolutes*. *Journal of Natural Products* **63**(6), 768-772.
- Tejesvi MV, B Mahesh, MS Nalini, HS Prakash, KR Kini, V Subbiah and HS Shetty. 2006.** Fungal endophyte assemblages from ethnopharmacologically important medicinal trees. *Canadian Journal of Microbiology* **52**, 427-435.
- Tejesvi MV, KR Kini, HS Prakash, V Subbiah and HS Shetty. 2007.** Genetic diversity and antifungal activity of species of *Pestalotiopsis* isolates as endophytes from medicinal plants. *Fungal Diversity* **24**, 37-54.
- Ting ASY, S Meon, J Kadir, S Radu and G Singh. 2007.** Field evaluation of non-pathogenic *Fusarium oxysporum* isolates UPM31P1 and UPM39B3 for the control fusarium wilt in 'pisang berangan' (*Musa*, AAA). Proceeding of the International Symposium on Recent Advances in Banana Crop Protection for Sustainable Production and Improved Livelihoods, Sept. 2007, ISHS Acta Horticulturae, 139-144.
- Ting ASY, S Meon, J Kadir, S Radu and G Singh. 2008.** Endophytic microorganisms as potential growth promoters of banana. *Biocontrol* **53**, 541-553.
- Ting ASY, SW Mah and CS Tee. 2010.** Identification of volatile metabolites from fungal endophytes with biocontrol potential towards *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* race 4. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* **5**(2), 177-182.
- Wang B, MJ Priest, A Davidson, CL Baubaker, MJ Woods and JJ Burdon. 2007.** Fungal endophytes on native *Gossypium* species in Australia. *Mycological Research* **11**, 347-354.
- Wang Z, PR Johnston, ZL Yang and JP Townsend. 2009.** Evolution of reproductive morphology in leaf endophytes. *Plos One* **4**(1), e4246.